

S9 1 PN="5-188298"
?t 9/5/1

9/5/1
DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04196598 **Image available**
REFLECTIVE AND REFRACTIVE REDUCTION PROJECTION OPTICAL SYSTEM

PUB. NO.: 05-188298 [JP 5188298 A]
PUBLISHED: July 30, 1993 (19930730)
INVENTOR(s): SUENAGA YUTAKA
APPLICANT(s): NIKON CORP [000411] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)
APPL. NO.: 04-202359 [JP 92202359]
FILED: July 29, 1992 (19920729)
INTL CLASS: [5] G02B-017/08
JAPIO CLASS: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment)
JOURNAL: Section: P, Section No. 1640, Vol. 17, No. 609, Pg. 155,
November 09, 1993 (19931109)

ABSTRACT

PURPOSE: To obtain superior image forming performance as a projection optical system for semiconductor manufacture although the constitution is simple.

CONSTITUTION: This optical system has a 1st partial optical system which has a lens group G(sub 1) with a positive refracting power and a 2nd concave reflecting mirror M(sub 2) and forms a primary reduced image of a body, a 2nd partial optical system which has a 2nd concave reflecting mirror M(sub 2) and a lens group G(sub 3) with a positive refracting power and further reduces and re-forms the primary reduced image, and a reflecting mirror which has a lens group G(sub 2) arranged nearby the primary reduced image and is arranged in the optical path from the 1st concave reflecting mirror M and 2nd concave reflecting mirror M(sub 2) to bend the optical path.

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-188298

(43)公開日 平成5年(1993)7月30日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 B 17/08

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 8106-2K

審査請求 未請求 請求項の数6(全10頁)

(2.)出願番号 特願平4-202359

(22)出願日 平成4年(1992)7月29日

(31)優先権主張番号 特願平3-195500

(32)優先日 平3(1991)8月5日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 末永 豊

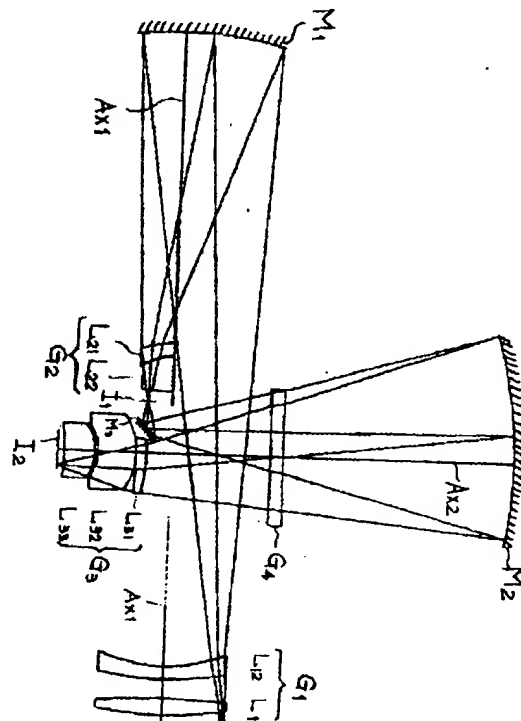
東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

(54)【発明の名称】 反射屈折縮小投影光学系

(57)【要約】

【目的】簡単な構成でありながら、半導体製造用の投影光学系として優れた結像性能を有する。

【構成】物体側から順に、正屈折力のレンズ群G₁及び第1の凹面反射鏡M₁を有し物体の1次縮小像を形成する第1部分光学系と、第2の凹面反射鏡M₂と正屈折力のレンズ群G₃とを有し前記1次縮小像をさらに縮小して再結像する第2部分光学系と、前記1次縮小像の近傍に配置されたレンズ群G₂とを有し、さらに、前記第1凹面反射鏡M₁と前記第2凹面反射鏡M₂との間の光路中に配置された光路を屈曲させるための反射鏡とを有している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】物体側から順に、正屈折力のレンズ群 G_1 及び第1の凹面反射鏡 M_1 を有し物体の1次縮小像を形成する第1部分光学系と、第2の凹面反射鏡 M_2 と正屈折力のレンズ群 G_3 とを有し前記1次縮小像をさらに縮小して再結像する第2部分光学系と、前記1次縮小像の近傍に配置されたレンズ群 G_2 とを有し、さらに、前記第1凹面反射鏡 M_1 と前記第2凹面反射鏡 M_2 との間の光路中に配置された光路を屈曲させるための反射鏡とを有することを特徴とする反射屈折縮小投影光学系。

【請求項2】前記第1部分光学系の正屈折力レンズ群 G_1 は、物体側から正屈折力の前群 G_{11} と負屈折力の後群 G_{12} とを有することを特徴とする請求項1記載の反射屈折縮小投影光学系。

【請求項3】物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群 G_1 、第1の凹面反射鏡 M_1 及び正屈折力の第2レンズ群 G_2 を有し物体の1次縮小像を形成する第1部分光学系と、第2の凹面反射鏡 M_2 と正屈折力の第3レンズ群 G_3 とを有し前記1次縮小像をさらに縮小して再結像する第2部分光学系とを有し、さらに、第1部分光学系から第2部分光学系までの光路中に配置された光路を屈曲させるための反射鏡とを有することを特徴とする反射屈折縮小投影光学系。

【請求項4】前記第1凹面反射鏡 M_1 及び第2凹面反射鏡 M_2 は球面鏡であり、前記第2部分光学系は前記第2凹面鏡 M_2 と前記第3レンズ群 G_3 との間に第4のレンズ群 G_4 を有することを特徴とする請求項1乃至3記載の反射屈折縮小投影光学系。

【請求項5】前記第2凹面反射鏡 M_2 の倍率を β_{M2} とするとき、
 $-1.5 < \beta_{M2} < -1.0$
 の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至4記載の反射屈折縮小投影光学系。

【請求項6】前記第1凹面反射鏡 M_1 の倍率を β_{M1} とするとき、
 $-0.7 < \beta_{M1} < -0.3$
 の条件を満足することを特徴とする請求項5記載の反射屈折縮小投影光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は反射面と屈折面とを有する反射屈折型光学系、特に縮小投影を行う結像光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、LSI等の集積回路を製造する際にウエハ上のフォトリソにマスクパターンを投影露光するのに好適な光学系が種々提案されている。例えば、ダイソン型反射屈折光学系は、比較的大きな開口において収差が良好に補正されることが知られている。し

るため、微細なパターンの転写には限界があった。

【0003】そこで、より微細なパターンからなる半導体の製造に好適な縮小倍率を有する光学系として、ダイソン型反射屈折光学系を变形した光学系が、特開昭63-163319号公報や、特開平2-66510号公報に提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】縮小投影を可能とする上記特開昭63-163319号公報に開示された光学系によれば、輪帯状の視野を持つ縮小倍率の結像が可能であるが、基本的には3つの凹面鏡と1つの凸面鏡とを有し、マイクロリソグラフィ用露光装置として用いるためには、多数のレンズとの組み合わせによる極めて複雑な光学構成とならざるを得なかった。

【0005】また、上記特開平2-66510号公報に提案されている縮小投影光学系は、1つの凹面鏡をレンズ系と組み合わせた構成であり、1回の結像で縮小倍率を得るため収差の発生が大きく、その補正のために多数のレンズを組み合わせることが必要である。そして、この構成では光路中にハーフミラー等の大型のビームスプリッターを設けることが必須であるために、光量の損失が75%以上あり、この光ロスによる露光時間の長大化は半導体製造工程においてスループットを低下させるという致命的欠点を有していた。しかも、光路中の大きなビームスプリッターにおいてフレアや照明ムラの原因となる迷光が発生し易く、また大型の半透過面の製造が困難であるという問題も有していた。

【0006】本発明の目的は、上述のごとき従来の光学系が有していた問題を解消し、簡単な構成でありながら、半導体製造用の投影光学系として優れた結像性能を有する縮小投影光学系を提供することにある。

【0007】

【問題点を解決する為の手段】本発明による反射屈折縮小投影光学系は、物体側から順に、正屈折力のレンズ群 G_1 及び第1の凹面反射鏡 M_1 を有し物体の1次縮小像を形成する第1部分光学系と、第2の凹面反射鏡 M_2 と正屈折力のレンズ群 G_3 とを有し前記1次縮小像をさらに縮小して再結像する第2部分光学系と、前記1次縮小像の近傍に配置されたレンズ群 G_2 とを有し、さらに、前記第1凹面反射鏡 M_1 と前記第2凹面反射鏡 M_2 との間の光路中に配置された光路を屈曲させるための反射鏡とを有している。

【0008】

【作用】上記の如き本発明による反射屈折縮小投影光学系においては、第1及び第2の部分光学系がそれぞれ、主たる屈折力を有する凹面反射鏡と正屈折力レンズ群とを有して共に縮小結像を可能としているため、各部分光学系に収差補正上の大きな負担をかけることなく全系として所定の縮小倍率を得ることができる。

G₁を配置することによって、より縮小倍率を掛けたり、軸外収差をより良好に補正することが可能となる。1次縮小像I₁の近傍に配置されるレンズ群G₂が第1部分光学系側に配置される場合には第1部分光学系に含めて考えることができ、1次縮小像の直前に配置された正屈折力とする場合に、全体の光学系を最も簡単に構成することが可能となる。この場合には、反射屈折縮小投影光学系は、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G₁、第1の凹面反射鏡M₁及び正屈折力の第2レンズ群G₂を有し物体の1次縮小像を形成する第1部分光学系と、第2の凹面反射鏡M₂と正屈折力の第3レンズ群G₃とを有し前記1次縮小像をさらに縮小して再結像する第2部分光学系とを有し、さらに、第1部分光学系と第2部分光学系との間の光路中に配置された光路を屈曲させるための反射鏡とを有することとなる。

【0010】このような構成においては、第1及び第2の部分光学系がそれぞれ、主たる屈折力を有する凹面反射鏡と、その像付近に正屈折力のレンズ群(第2レンズ群G₂、第3レンズ群G₃)を有することによって、共に縮小結像を可能としているため、各部分光学系に収差補正上の大きな負担を掛けることがなく、簡単な構成でありながら優れた結像性能を維持することが可能である。

【0011】さらに、第1レンズ群G₁の構成を物体側から順に正屈折力の前群G₁₁と負屈折力の後群G₁₂とからなる所謂望遠タイプとすることが有効である。この場合、第1レンズ群G₁での縮小倍率を稼ぐと同時に第1凹面反射鏡M₁での収差量も小さくできるため、第2レンズ群G₂で縮小倍率を得ることが必要なくなり、第2レンズ群G₂で縮小倍率を稼ぐ必要がなくなり第2レンズ群G₂を収差補正専用のレンズとして用いることができ、より大きな開口数(N.A.)を持たせることも可能になる。従って、第2レンズ群G₂としては、上記のように1次縮小像の直前において比較的強い屈折力を持って縮小倍率を稼ぐ構成とするのみならず、1次縮小像の近傍において収差補正専用のレンズ群として機能させる構成も可能である。

【0012】そして、各凹面反射鏡を球面鏡とする場合には、第2部分光学系中において、第2凹面鏡M₂と第3レンズ群との間に収差補正用の第4のレンズ群G₄を配置することが望ましい。また、第1部分光学系において第1レンズ群G₁と第1凹面反射鏡M₁との間に収差補正用の第5レンズ群G₅を配置することも有効である。

【0013】上記のようにして、簡単な光学構成でありながら、優れた結像性能を維持することが可能であり、大きな開口数(N.A.)を持つことにより、一層微細なパターン転写が可能である。そして、本発明による光学系では、第1部分光学系から第2部分光学系までの光路

ととの間に、光路屈曲用平面反射鏡M₃を配置することにより、光路が完全に分離できる。このため、この反射鏡は完全反射鏡とすることができ、前記特開平2-66510号公報の如く半透過鏡などのビームスプリッタを必要としない。従って、光量の損失がはるかに少なく、またフレアー等の有害な迷光を生ずる恐れも少ないという利点を有している。

【0014】また、本発明の光学系において、各光学部材は、光路屈曲用の平面反射鏡M₃を除いて、全て同一の光軸上に曲率中心を有している。上記の如き本発明の構成が、前述した特開昭63-163319号公報に開示された光学系と本質的に異なる点は、本願発明では凸面反射鏡を光学要素として必要としない点である。これは、上記従来の光学系においては、凹面反射鏡で発生した負のベッツバール和を凸面反射鏡で打ち消し、屈折系は補助的な収差補正を行うという補正手法であったのに対し、本発明においては、凹面反射鏡で発生する負のベッツバール和を第3レンズ群G₃という正屈折力のレンズ群における正のベッツバール和で打ち消すという補正手法をとっているからである。このために本発明においては、第3レンズ群G₃の正屈折力をかなり強く構成し、積極的に使用している。第2レンズ群G₂を1次縮小像I₁の直前に配置された正屈折力レンズ群とする場合には上記の第3レンズ群G₃の正屈折力に加えて第2レンズ群G₂を作用させて効果を高めることが可能である。

【0015】ここで、本発明における特徴的構成について詳述する。まず、上述のとおり第1及び第2の部分光学系は共に縮小結像系であるが、第2部分光学系中の第2凹面反射鏡M₂は、平面反射鏡M₃による光路の分離を容易にするために、等倍近傍ではあるもののやや拡大倍率を有することが好ましい。具体的には、第2凹面反射鏡M₂の倍率を β_{M2} とすると、

$$-1.5 < \beta_{M2} < -1.0$$

の条件を満足することが望ましい。この条件により、第1部分光学系による物体像I₁の位置が、第2部分光学系による像I₂の位置よりも、第2凹面反射鏡M₂に近くできるため、大きな開口数の光束に対しても、光路の干渉を防ぐことが可能である。この条件の上限を超える場合には、第2凹面反射鏡M₂の倍率が等倍を超えて縮小倍率となるため、光路の分離が困難となる。逆に上記の下限を超えて倍率が大きくなる場合には、第2部分光学系として所定の縮小倍率を得ることが難しくなるため、第1部分光学系での負担が大きくなり、収差補正上複雑な構成が必要となる。

【0016】そして、第1凹面反射鏡M₁は比較的大きな縮小率を有しており、全系の小型化及び収差補正のバランスのために、重要な機能を有しており、その倍率を β_{M1} とすると、

の範囲とすることが望ましい。

【0017】ここで、各レンズ群の収差バランスについて説明するに、第1レンズ群G₁は、物体面の近傍に位置して所謂視野レンズの如き機能を有すると共に、歪曲収差の補正を行っており、正屈折力の前群G₁₁と負屈折力の後群G₁₂とからなる望遠タイプとする場合には、第1レンズ群G₁群において縮小倍率を稼ぐことが可能となり、収差補正上も有利となる。第2部分光学系中の最終縮小像の近傍に配置される第3レンズ群G₃は上述のとおり、大きな正屈折力を有して縮小像の形成に寄与すると共に、ベッツパールの補正に積極的な役割を果たし、ここで発生する負の歪曲収差が第1レンズ群G₁の正の歪曲収差によって補正される。第2レンズ群G₂は、1次縮小像I₁の直前に配置される正屈折力レンズ群においては、第3レンズ群G₃と同様に縮小倍率を稼ぐことができ、負屈折力ないしは、ごく弱い屈折力とする場合には、主として軸外収差の補正を行うことができる。そして、第2部分光学系中に予備的に配置される第4のレンズ群G₄は、高次の球面収差を補正するために有効である。但し、凹面反射鏡、特に大きな縮小率を担う第1凹面反射鏡M₁を球面に変えて非球面とする場合には、第4のレンズ群G₄を除くことが可能である。

【0018】

【実施例】以下本発明の実施例について説明する。図1は本発明による第1実施例の構成を示す光路図である。図示のとおり、物体面からの光束は両凸正レンズL₁₁と物体側に凸面を向けた負メネスカスレンズL₁₂とからなる第1レンズ群G₁をとおり、第1凹面反射鏡M₁に導かれ、ここでの反射により縮小倍率 β_{M1} が与えられ、第1凹面反射鏡M₁側に凸面を向けた負メネスカスレンズL₂₁と第1凹面反射鏡M₁側により強い曲率の面を向けた正レンズL₂₂とからなる第2レンズ群G₂に入射する。第2レンズ群G₂によりさらに縮小された1次像I₁が形成される。1次像I₁からの光束は光路屈曲用の平面反射鏡M₃にて反射され、第2凹面反射鏡M₂に入射し、ここでの反射により等倍よりやや大きい倍率を与えられる。そして、第2凹面反射鏡M₂側により強い曲率の面を向けた正レンズL₃₁、第2凹面反射鏡M₂側に凸*

(第1実施例の諸元)

No.	曲率半径 (物体面)	面間隔	屈折率	
		47.063	1.000	
1	677.873	25.000	1.500	L ₁₁ G ₁
2	-988.280	22.657	1.000	
3	591.515	25.020	1.500	L ₁₂
4	288.196	990.000	1.000	
5	-744.372	-479.502	-1.000	M ₁
6	-131.046	-12.701	-1.500	L ₂₁ G ₂
7	-83.678	-3.000	-1.000	
8	-88.873	-53.909	-1.500	L ₂₂

*面を向けたメネスカスレンズL₃₂及び第2凹面反射鏡M₂側により強い曲率の面を向けた正レンズL₃₃からなる第3レンズ群G₃により縮小倍率を与えられ、1次像I₁をさらに縮小した2次像I₂が形成される。ここでは、第2凹面反射鏡M₂と第3レンズ群G₃との間には、第4のレンズ群G₄として弱い負屈折力を有する負レンズが配置されており、高次の球面収差を良好に補正している。

【0019】上記の構成において、第1レンズ群G₁、第1凹面反射鏡M₁及び第2レンズ群G₂が第1部分光学系を構成し、第2凹面反射鏡M₂、第3レンズ群G₃及び第4レンズ群G₄が第2部分光学系を構成している。第1部分光学系における第2レンズ群G₂は第1凹面反射鏡M₁に向かう光束を遮ることなく第1凹面反射鏡M₁からの反射光のみを集光するために第1部分光学系の光軸A_{x1}の片側にのみ設けられている。また、光路屈曲用の平面反射鏡M₃は、第3レンズ群G₃の近傍において第1部分光学系の光軸A_{x1}に対して45°の角度で斜設され、第2部分光学系の光軸A_{x2}を第1部分光学系の光軸A_{x1}に対して直交するように構成している。この平面反射鏡M₃は1次像I₁の近傍でもあるため、その大きさは小さく、第3レンズ群G₃中の第1正レンズL₃₁の一部を切り欠くことで十分設置することができる。そして、第2部分光学系中の第4レンズ群G₄は第1部分光学系の光路を遮らないように設けられることは言うまでもない。尚、平面反射鏡M₃の斜設角度はここでは45°としたが、光路の分離が可能な範囲で任意の配置とすることができることはいうまでもない。

【0020】この第1実施例は、全体として縮小倍率+0.25、すなわち4分の1の縮小率を有し、光軸から半径25mmの半径を中心とする輪帯状の視野にて開口数(N.A.)0.4を有している。以下の表に上記第1実施例の諸元を示す。表中、凹面反射鏡での反射により屈折率及び面間隔の符号が反転するものとする。尚、光路屈曲用の第3反射面M₃の位置は光学設計上は本質的ではないので除いた。

【0021】

【表1】

7				8
10	2588.139	- 20.000	- 1.500	G ₄
11	-24840.890	-376.150	- 1.000	
12	681.247	376.150	1.000	M ₂
13	-24840.890	20.000	1.500	G ₄
14	2588.139	203.875	1.000	
15	277.553	16.500	1.500	L ₃₁ G ₃
16	621.605	0.0500	1.000	
17	103.075	61.334	1.500	L ₃₂
18	74.101	5.000	1.000	
19	81.631	54.747	1.500	L ₃₃
20	461.143	9.946	1.000	

$$\beta_{M2} = -1.18$$

$$\beta_{M1} = -0.55$$

本発明による第2実施例は、図2に示す如く、基本的には上記の第1実施例と同様であるが、光学系全体をより小型に構成したものであり、第1及び第2の凹面反射鏡M₁、M₂が物体面O及び2次像I₂により近い位置に配置されてそれらの口径も小さくなっている。小型化のために発生する諸収差を良好に補正する目的で、第2部分光学系中に第5レンズ群G₅として第1凹面反射鏡M₁側に凸面を向けたメニスカスレンズが配置され、また、第1レンズ群G₁として両凸正レンズL₁₁、物体面側に*

*凹面を向けたメニスカスレンズL₁₂及び物体面側に凸面を向けたメニスカスレンズL₁₃が設けられている。

【0022】この第2実施例でも、全体として縮小倍率+0.25、すなわち4分の1の縮小率を有し、光軸から半径25mmの半径を中心とする輪帯状の視野にて開口数(N.A.) 0.4を有している。以下の表に上記第2実施例の諸元を示す。

【0023】

【表2】

(第2実施例の諸元)

No.	曲率半径 (物体面)	面間隔	屈折率	
		112.472	1.000	
1	977.575	30.000	1.500	L ₁₁ G ₁
2	- 1030.934	15.000	1.000	
3	- 1446.147	20.000	1.500	L ₁₂
4	- 1878.184	0.500	1.000	
5	316.624	30.000	1.500	L ₁₃
6	289.149	613.035	1.000	
7	-407.188	20.000	1.500	G ₅
8	-469.137	226.192	1.000	
9	-692.557	-226.192	- 1.000	M ₁
10	-469.137	- 20.000	- 1.500	G ₅
11	- 407.188	-182.064	- 1.000	
12	- 6117.578	- 20.000	- 1.500	L ₂₁ G ₂
13	3775.716	-0.500	- 1.000	
14	-136.376	- 71.120	- 1.500	L ₂₂
15	881.988	-212.075	- 1.000	
16	2473.277	- 20.000	- 1.500	G ₄
17	-44915.848	-371.392	- 1.000	
18	608.000	371.392	1.000	M ₂
19	-44915.848	20.000	1.500	G ₄
20	2473.277	125.565	1.000	
21	254.431	17.000	1.500	L ₃₁ G ₃
22	452.400	0.010	1.000	
23	94.027	46.970	1.500	L ₃₂
24	69.588	5.000	1.000	

26 458.225 11.117 1.000

$$\beta_{n2} = -1.26$$

$$\beta_{n1} = -0.52$$

本発明による第3実施例は、図3に示すとおり、第1レンズ群G₁は、像側により強い曲率面に向けた正レンズL₁₁と物体側に凸面に向けた正メニスカスレンズL₁₂とを有する正屈折力の前群G₁₁と、両凹負レンズL₁₃と像側により強い曲面に向けた正レンズL₁₄とを有する負屈折力の後群G₁₂とで構成されている。このような望遠タイプを構成する第1レンズ群G₁によって、縮小倍率を稼ぐことができるため、第2レンズ群G₂において縮小倍率を稼ぐ必要がなくなり、第2レンズ群G₂は1次縮小像I₁の直前に負レンズL₂₁と1次縮小像I₁の直後に配置された正レンズL₂₂及び1次縮小像I₁側に凹面に向けたメニスカスレンズL₂₃から構成され、軸外収差の補正を良好に行うことが可能となっている。このため、開口数(N.A.)をより大きくすることが可能となっている。

【0024】第1凹面反射鏡M₁、光路屈曲用の平面反射鏡M₃及び第2凹面反射鏡M₂の機能は前述の実施例とほぼ同様であり、第2凹面反射鏡M₂は同じく等倍よりやや大きい倍率を有している。そして、第3レンズ群G₃はより大きな開口数に対して良好な収差補正を行うために、先の実施例よりはやや複雑な構成となっている。すなわち、2つの両凸正レンズL₃₁、L₃₂、両凹負レンズL₃₃、第2凹面反射鏡M₂側により強い曲率の面に向けた正レンズL₃₄、像側により強い曲率の面を有する負レンズL₃₅及び第2凹面反射鏡M₂側により強い曲率の面に向けた正レンズL₃₆からなる第3レンズ群G₃により縮小倍率を与えられ、1次像I₁をさらに縮小した2次像I₂が形成される。ここでも、第2凹面反射鏡M₂と第3レンズ群G₃の間には、第4のレンズ群G₄として弱い負屈折力を有する負レンズが配置されており、高次の球面収差を良好に補正している。

【0025】この第3実施例の構成は、第1レンズ群G₁、第1凹面反射鏡M₁及び第2レンズ群G₂中の負レンズL₂₁が第1部分光学系を構成し、第2レンズ群G₂中の正レンズL₂₂及び1次縮小像I₁側に凹面に向けたメニスカスレンズL₂₃、第2凹面反射鏡M₂、第3レン*

*ズ群G₃及び第4レンズ群G₄が第2部分光学系を構成していることと見ることができる。他方、第1レンズ群G₁、第1凹面反射鏡M₁が第1部分光学系を構成し、第2凹面反射鏡M₂、第3レンズ群G₃及び第4レンズ群G₄が第2部分光学系を構成し、これらに対して収差補正上の第2レンズ群G₂が1次縮小像I₁の近傍に配置されていると見こともできる。

【0026】ここで、第1レンズ群G₁の後群G₁₂は第1凹面反射鏡M₁からの反射光束を遮ることなく第1凹面反射鏡M₁へ向かう光のみを発散するために第1部分光学系の光軸A_{x1}の片側にのみ設けられている。また、光路屈曲用の平面反射鏡M₃は、第3レンズ群G₃の近傍において第1部分光学系の光軸A_{x1}に対して45°の角度で斜設され、第2部分光学系の光軸A_{x2}を第1部分光学系の光軸A_{x1}に対して直交するように構成している。この平面反射鏡M₃も、前述の実施例と同様に、1次像I₁の近傍であるためその大きさは小さく、第3レンズ群G₃の近傍の空間に設置することができる。

【0027】そして、第1レンズ群G₁の前群G₁₁と後群G₁₂との間に第2部分光学系の光路が配置されるため、空間の無駄がなく小型な構成とすることができる。また、先の実施例と同様に、第2部分光学系中の第4レンズ群G₄は第1部分光学系の光路を遮らないように設けられることは言うまでもない。この第3実施例においても、全体として縮小倍率+0.25、すなわち4分の1の縮小率を有し、光軸から半径25mmの半径を中心とする輪帯状の視野を確保しているが、開口数(N.A.)は0.45という大きな値を有している。

【0028】以下の表に上記第3実施例の諸元を示す。表中、凹面反射鏡での反射により屈折率及び面間隔の符号が反転するものとし、ここでも光路屈曲用の第3反射面M₃の位置は光学設計上は本質的ではないので除いた。

【0029】

【表3】

〔第3実施例の諸元〕

No.	曲率半径 (物体面)	面間隔	屈折率	
		179.407	1.000	
1	3465.978	30.000	1.501	L ₁₁ G ₁₁ G ₁
2	-528.018	0.100	1.000	
3	261.503	31.759	1.501	L ₁₂
4	390.000	316.878	1.000	
5	-354.698	17.000	1.501	L ₁₃ G ₁₂
6	255.219	11.599	1.000	
7	1186.851	25.883	1.501	L ₁₄

1 1				1 2	
9	-766.948	-589.210	- 1.000	M ₁	
10	243.085	- 14.000	- 1.501	L ₂₁	G ₂
11	3114.038	- 50.454	- 1.000		
12	- 3513.309	- 22.000	- 1.501	L ₂₂	
13	253.255	- 8.618	- 1.000		
14	169.996	- 20.000	- 1.501	L ₂₃	
15	230.045	-270.073	- 1.000		
16	642.510	- 23.000	- 1.501	G ₄	
17	1268.362	-277.914	- 1.000		
18	659.079	277.914	1.000	M ₂	
19	1268.362	23.000	1.501	G ₄	
20	642.510	208.073	1.000		
21	340.589	16.500	1.501	L ₃₁	G ₃
22	-716.211	20.500	1.000		
23	150.058	26.000	1.501	L ₃₂	
24	-323.551	1.320	1.000		
25	-261.398	9.000	1.501	L ₃₃	
26	209.855	0.500	1.000		
27	108.115	34.184	1.501	L ₃₄	
28	-724.878	0.500	1.000		
29	469.777	9.000	1.501	L ₃₅	
30	70.411	1.400	1.000		
31	77.096	34.266	1.501	L ₃₆	
32	-720.000	15.100	1.000		

$$\beta_{M2} = -1.16$$

$$\beta_{M1} = -0.57$$

本発明による第4実施例は、図4に示す如く、第1レンズ群G₁の構成は基本的には上記の第4実施例と同様であるが、第2レンズ群G₂は1次縮小像I₁の直後に配置された正レンズL₂₁及び両凹負レンズL₂₂とで構成され、1次縮小像I₁の直前すなわち第1部分光学系側の第1凹面反射鏡M₁と1次縮小像I₁の間にはレンズが存在しない。この実施例では、正屈折力の前群G₁₁と負屈折力の後群G₁₂とからなる第1レンズ群G₁において縮小倍率を稼ぐと共に、収差補正が十分なされるため、第2レンズ群G₂の構成が簡単にできたものである *

＊る。

【0030】その他のレンズ群の構成は上記第3実施例とはほぼ同様である。この第4実施例でも、全体として縮小倍率+0.25、すなわち4分の1の縮小率を有しており、光軸から半径25mmの半径を中心とする輪帯状の視野にて開口数(N.A.) 0.45の大きな値を有している。以下の表4に上記第4実施例の諸元を示す。

【0031】

【表4】

〔第4実施例の諸元〕

No.	曲率半径 (物体面)	面間隔	屈折率	
		187.568	1.000	
1	1446.067	30.000	1.501	L ₁₁ G ₁₁ G ₁
2	-640.000	0.100	1.000	
3	274.000	31.759	1.501	L ₁₂
4	390.000	345.240	1.000	
5	-338.360	17.000	1.501	L ₁₃ G ₁₂
6	273.442	7.464	1.000	
7	590.613	25.883	1.501	L ₁₄
8	-281.411	589.287	1.000	
9	-831.145	-656.955	- 1.000	M ₁
10	180.000	- 23.000	- 1.501	L ₂₁ G ₂

1 3

1 4

12	-429.596	- 18.000	- 1.501	L ₂₂
13	197.384	-292.451	- 1.000	
14	380.443	- 23.000	- 1.501	G ₄
15	596.210	-294.291	- 1.000	
16	653.346	294.291	1.000	M ₂
17	596.210	23.000	1.501	G ₄
18	380.443	222.451	1.000	
19	153.779	17.000	1.501	L ₃₁ G ₃
20	689.474	0.500	1.000	
21	156.334	26.500	1.501	L ₃₂
22	-680.839	0.822	1.000	
23	-508.366	9.000	1.501	L ₃₃
24	391.014	0.500	1.000	
25	143.155	29.818	1.501	L ₃₄
26	485.639	0.500	1.000	
27	267.611	9.000	1.501	L ₃₅
28	65.131	1.400	1.000	
29	66.963	28.952	1.501	L ₃₆
30	-844.417	15.100	1.000	

$$\beta_{M2} = -1.17$$

$$\beta_{M1} = -0.55$$

図5乃至図8にはそれぞれ上記第1実施例乃至第4実施例の結像性能を示すためのコマ収差を示す。この収差図は、輪状照野の中心におけるメリディオナル方向のコマ収差を示しており、優れた結像性能を維持していることが分かる。

【0032】尚、以上の各実施例では第1凹面反射鏡M₁及び第2凹面反射鏡M₂は共に球面からなる構成としたが、楕円面等の非球面の反射鏡とすることも可能であり、この場合には第4レンズ群G₄を取り除くことが可能であることは前述のとおりである。

【0033】

【発明の効果】以上の如く本発明によれば、従来のこの種の光学系に比べて、比較的簡単な構成でありながら大きな開口数を有し、優れた結像性能を有し、従ってより広い照野すなわちより大きな露光フィールドをもつ縮小投影光学系が達成される。しかも、大きな開口数と大きな露光フィールドにもかかわらず、各光学部材の大きさも小さいため、面精度や偏芯の許容精度もゆるくて済 *

*み、半導体製造装置用の投影光学系として極めて有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による反射屈折縮小投影光学系の第1実施例の構成を示す光路図。

【図2】本発明による第2実施例の構成を示す光路図。

【図3】本発明による第3実施例の構成を示す光路図。

【図4】本発明による第4実施例の構成を示す光路図。

30 【図5】第1実施例のコマ収差図

【図6】第2実施例のコマ収差図

【図7】第3実施例のコマ収差図

【図8】第4実施例のコマ収差図

【主要部分の符号の説明】

M₁ …第1凹面反射鏡

M₂ …第2凹面反射鏡

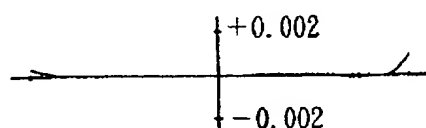
G₁ …第1レンズ群

G₂ …第2レンズ群

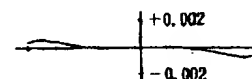
G₃ …第3レンズ群

【図5】

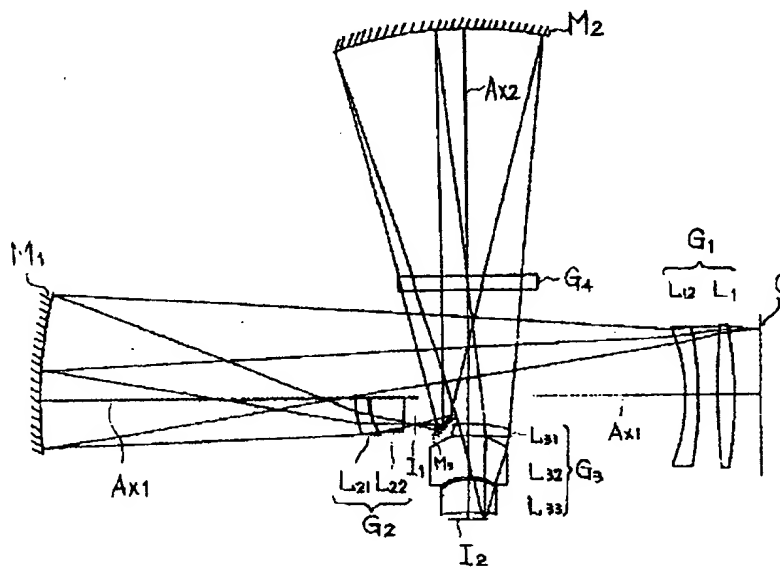
コマ収差



【図6】

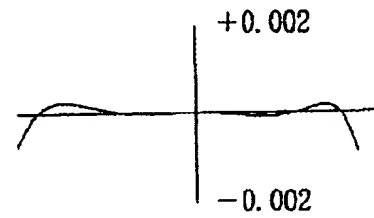


【図1】

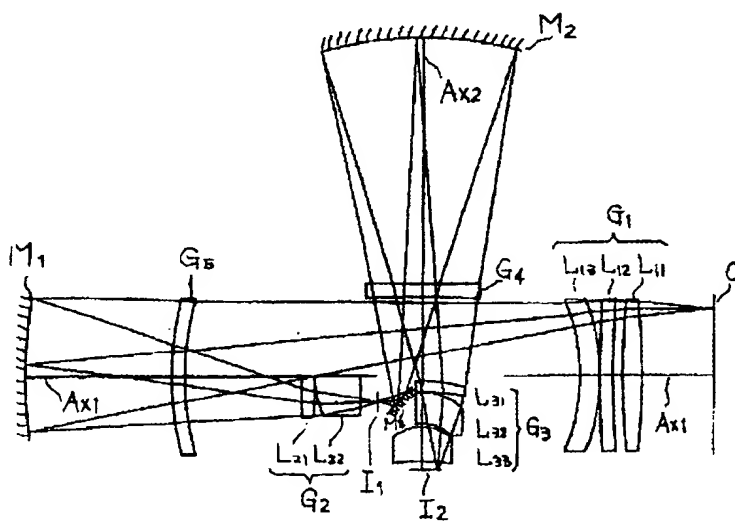


【図7】

コマ収差

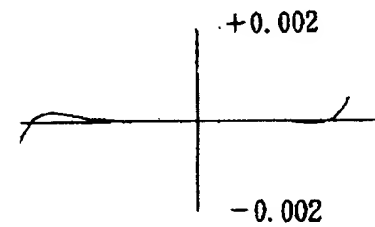


【図2】

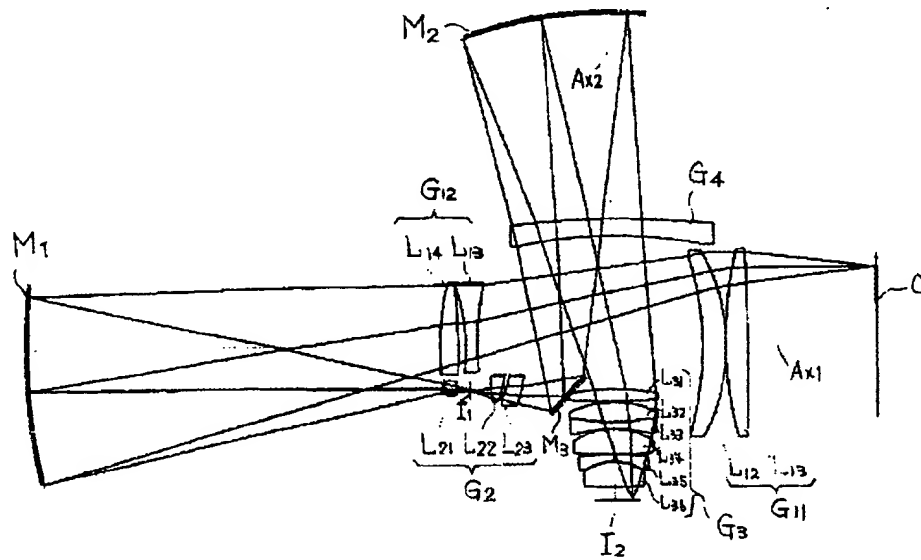


【図8】

コマ収差



【図3】



【図4】

